

B 4 積雪深計における受信レベル変動による位相差検出誤差の検討

田邊 崇

中島 繁雄

佐藤 栄一

新潟工科大学

1. はじめに

近年、雪による交通機関の麻痺や雪崩等の災害を防止するため、雪情報-除雪システムの構築が進められてきた。同時に、自動計測技術も発達し、超音波や電磁波、光等を応用した積雪深計が既に市販されている。しかし、これらの機器は一般に大型で高価であるため、設置場所が制限されている。そこで、本研究では、小型でインテリジェントな計測システムの開発を目的に、光の位相差を用いた積雪深計測法について検討を行っている。今回はこの積雪深計において受信レベルを考慮した位相差推定アルゴリズムを提案し、その検出精度を中心に報告する。

また、位相差推定はテーブルルックアップ方式を用いている。

2. 積雪深計の構成とI-Qデモジュレータ出力特性

図1に積雪深計の構成を示す。本装置は、光学系回路及び位相差検出回路からなり、雪面で反射した光の位相差を用いて積雪深を推定している。まず、周波数 f MHz の正弦波を基準信号として分配し、位相差検出回路の I-Q デモジュレータ[JCIQ-176D, Mini-Circuits]に入力する。次に受光系において受信された反射光(変調信号)を同一のデモジュレータに入力し、I-Q 信号に復調する。積雪深の変化に伴い、基準信号と変調信号に変化が生じるので、復調後の I-Q 信号値と無積雪時の基準位相より積雪深を推定することが可能となる。

図2にI-QデモジュレータによるI-Q出力信号の位相に関する特性を示す。図中の各点は実測した位相値を示す。前回の報告¹⁾では、送光系入力及び受光系出力端にフェイズシフターを接続し、100MHz帯の基準信号と変調信号の位相を任意に変化させた。しかし、フェイズシフターの精度に問題があったため、本稿ではケーブル長の変化により位相を変化させた。この結果より、前報告に比べ、I-Q 出力信号は変調信号の位相変化に対して、より円形に近い軌

跡を描く事が確認された。

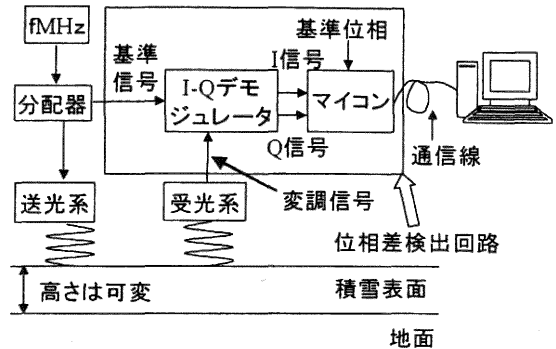


図1 積雪深計の構成

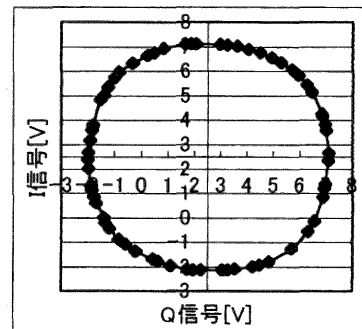


図2 I-Qデモジュレータ出力による位相特性

3. 位相差検出方式の誤差検討

ここでは、I-Qデモジュレータの出力を単位円と仮定し、テーブルルックアップ方式での精度評価を行う。なお、図2の結果より実際のI-Qデモジュレータの出力は真円とは若干異なることが予想されるが、その差異はマイコンのテーブル作成数値の補正でこの影響を補償することが可能である。まず、I-Q信号値から位相差を推定する流れを図3に示す。前報告はI-Qデモジュレータからの出力特性が一定の振幅を持つ場合の評価を行った。本稿では外界の影響によって振幅値が異なることを考慮して検討を行う。振幅値の変動に対応するため、本稿ではI信号値とQ信号値の比、大小関係、極性から位相値の推

定を行う方法を用いた。マイコンは固定小数点演算であるため、I-Q 信号値の変化に依存して推定する位相に誤差が現れる。標準入力電力値を 0dB (円の半径が 1) とし、上限電力値 6dB (円の半径が 2) までの受信電力変動マージンをとった場合、マイコンの A/D コンバータの分解能によって、どの程度位相誤差変化が起こるかを検討した。その結果を図 4 に示す。図 4 の結果からわかるように電力の上限変化値を最大 6dB まで見込んだときに、下限変化値 -20dB (円の半径が 0.1) までの減衰があると仮定した場合は、A/D コンバータが 10bit では約 1° 、12bit では 0.5° 以内に最大誤差量を抑えることができる。

検出された位相差から積雪深を推定する計算式は次式のように与えられる。[2]

$$D = \frac{n\lambda}{2} + \frac{\lambda\phi}{4\pi}$$

ここで、D は積雪深[m]、n は周期数、 λ は波長[m]、 ϕ は位相差 $^\circ$ を表す。変調周波数を $f=100\text{MHz}$ とした場合、位相差 1° あたりの測定精度は約 4.2mm となり、A/D コンバータの分解能 12bit では位相誤差は約 2.1mm になる。また、これは最大で 6dB のマージンを見込んだときであり、最大値をより小さくとした場合には -20dB での最大誤差はより小さくなる。

4. まとめ

本稿では受光した光変調信号を直接 I-Q デモジュレータで復調する積雪深計のシステムを対象に、I-Q 信号値から位相差を推定するためのアルゴリズムを提案し、I-Q 信号値の変化による位相誤差評価を行った。目標とする精度を 2mm とし、今回提案した方式を用いた場合を評価すると、I-Q 信号値の変動に対する位相差値の最大誤差は、基準となる半径を 1、最大を 2、最小で 0.1 とした場合では、A/D コンバータの分解能として 12bit 以上あれば目標とする精度を満たすことが示された。

今後は図 3 のアルゴリズムをプログラム化したワンチップマイコンを用いた試作回路によりその精度の確認を行う予定である。

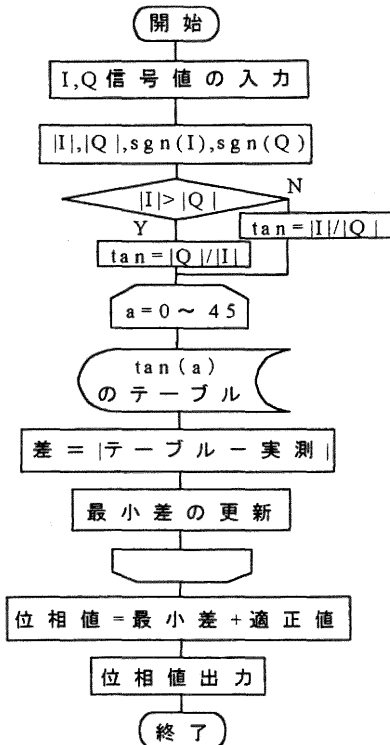


図 3 I-Q 信号値からの位相値計算アルゴリズム

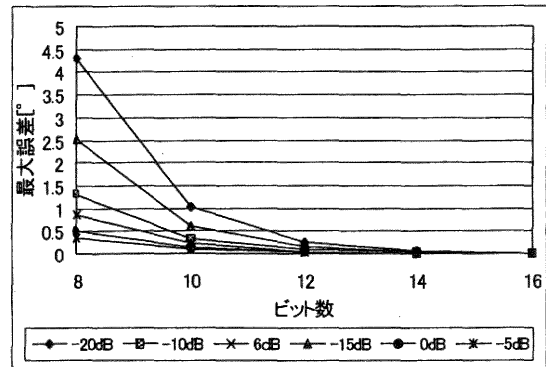


図 4 固定小数点演算における精度比較

参考文献

- [1] 田邊 崇, 中島繁雄, 佐藤栄一, "積雪深計における位相差検出回路の検討", 平成 13 年度電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, pp.139-140.
- [2] 田中正芳, 光学式距離測定システムの設計, トランジスタ技術, pp.288-303 July 1993.
- [3] 計測管理協会, 光応用計測技術調査研究委員会, 光計測のニーズとシーズ, コロナ社 pp.139-159 1987.